

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže – 346

Návrh technologie obrábění odlitku v provozu slévárny

Proposal of Technology to Machining of the Casting in the Foundry

Student:

Lucie Barbořáková

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2012

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. května 2012

.....

podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdání své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o umění a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2012

Lucie Barbořáková

.....

Šumvald 314, Šumvald

podpis

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbořáková, L. Návrh technologie obrábění odlitku v provozu slévárny. Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012, s. Bakalářská práce, vedoucí Brychta, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologie odlitku v provozu slévárny UNEX a.s. Práce popisuje stávající technologický postup a jeho alternativní návrh. Jejím účelem bylo zjistit efektivnější výrobu polotovaru.

Volbou nového řezného nástroje a úspory materiálu při odlévání bylo zjištěno, že náklady na výrobu pojezdového kola byly sníženy. Byl ušetřen obráběcí čas, který vede k efektivnější výrobě.

ANNOTATION OF THESIS

Barbořáková, L. Proposal of Technology to Machining of the Casting in the Foundry. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2012, p. Thesis, head Brychta, J.

This thesis deals with the proposal of technology to machining of the casting in the foundry of UNEX a.s. It describes existing technological process and its alternative which trying to find out a more effective way.

A new cutting tool and reducing the amount of material has decreased production costs. As a result it reduces the machining time which means a more effective process.

Obsah

Obsah

Úvod	7
1 Současné poznatky k řešené problematice	8
1.1 Slévárnoství	8
1.2 Obrobitelnost odlitků	9
1.3 Zásady technologického postupu	12
2 Zhodnocení vývoje a současného stavu v provozu slévárny	14
2.1 Představení slévárny Unex a.s.	14
2.2 Zadaná součást – POJEZDOVÉ KOLO	15
2.3 Technologie odlévání polotovaru	17
2.4 Obráběcí stroje	17
2.5 Stávající technologický postup pro obrábění odlitku	20
3 Návrh alternativní technologie výroby ve stávajícím výrobním prostředí	24
3.1 Technologie odlévání polotovaru	24
3.2 Volba řezného nástroje	24
3.3 Vztahy potřebné pro výpočet	30
3.4 Návrh alternativního technologického postupu při obrábění	31
4 Technicko – ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení	36
4.1 Metoda odlévání	36
4.2 Metoda obrábění	38
4.2 Vyhodnocení	39
5 Závěr	40
6 Seznam použitých pramenů	41
7 Seznam příloh	42

Seznam použitých zkratek

a.s.	akciová společnost
SNOP	soustava obrábění
S	obráběcí stroj
N	řezný nástroj
O	obrobek
P	přídavek
Ra	střední aritmetická úchylka nerovnosti profilu
Ta	celkový čas jednotkový
Tb	celkový čas dávkový
Ts	celkový čas
f	posuv za otáčku
a_p	hloubka řezu
v_f	posuvová rychlost
n	otáčky
D	průměr obráběného materiálu
i	počet třísek
L	dráha nástroje
l_p	délka přeběhu
l_n	délka náběhu
V	objem polotovaru
L_p	délka polotovaru
ρ	hustota
s.r.o.	společnost s ručením omezeným

Úvod

Cílem této práce je *provést návrh alternativního technologického postupu pro obrábění odlitku, případně navrhnout zlepšení stávajícího technologického postupu* v provozu slévárny Unex a.s.

Tato akciová společnost se sídlem v Uničově je světově uznávaný výrobce v oboru těžkého strojírenství. Specializuje se na zařízení pro povrchovou těžbu hornin, svařované ocelové konstrukce a díly jako jsou základové rámy, podvozky, výložníky či díly jeřábů. Její nedílnou součástí nabídky je slévárenská a kovárenská produkce. Zaměřuje se na výrobu odlitků pro železniční a automobilový průmysl, energetiku, těžké strojírenství, pro výrobu stavebních a zemních strojů, zemědělskou techniku.

Strojní obrábění patří mezi základní a zároveň nejrozšířenější technologické procesy při výrobě strojní součásti. Jeho úkolem je proměnit polotovar na hotový výrobek požadovaného tvaru, jakosti povrchu, geometrické a rozměrové přesnosti. Toto je docíleno řezným nástrojem. Na základě rozboru technologického postupu je stanoven výrobní proces. Jeho realizací dostaneme požadované výsledky. Důležitým kritériem je ekonomická rozvaha celého výrobního procesu. Znalost problematiky obrábění je základním pilířem pro řešení a splnění všech zadaných požadavků.

Obsahem práce je teoretické seznámení s třískovým obráběním, posouzení současného stavu v provozu slévárny, návrh alternativní technologie výroby odlitku a celkové technicko-ekonomické zhodnocení. Účelem tohoto rozboru je zjistit lepší efektivnost výroby a snížit náklady s tím spojené.

1 Současné poznatky k řešené problematice

1.1 Slévárenství

Slévárenství je výrobní technologie, jejíž podstatou je výroba strojních součástí. Proces, při kterém se roztavený kov nebo litina lije do formy, jejíž dutina má tvar budoucího odlitku zvětšeného o přídavek na smrštění. Následuje tuhnutí, kdy dojde přetvoření daného materiálu v konečný stav. Odlévané kovy nebo slitiny mají určité vlastnosti, které rozhodujícím způsobem ovlivňují výrobu odlitku. Tyto vlastnosti určují hospodárnost zhotovených odlitků s požadovanou jakostí a bez vad. Jsou závislé i na technologických podmínkách jako např. teplotě a rychlosti lití, konstrukci formy. K slévárenským vlastnostem patří především tavitelnost, tekutost a zabíhavost, rozpustnost plynů v kovech, odměšování objemové změny při tuhnutí a chladnutí a další vlastnosti ovlivňující chování kovů při tavení, odlévání a tuhnutí.

Největší uplatnění slévárenské technologie je ve výrobě odlitků. Mezi nejběžnější materiál patří šedá a bílá litina. Litiny nebo také litinové materiály jsou slitiny železa s uhlíkem, křemíkem a dalšími přidanými prvky. Obsah uhlíku musí být více než 2,14 % (slitina, která má menší obsah uhlíku, se nazývá ocel). Jejich vlastností je vysoká odolnost vůči tlaku a teplotě a zároveň nízká pružnost.

- *Šedá litina* je slitinou železa s uhlíkem, křemíkem, manganem, fosforem, sírou a s dalšími prvky. Používá se na odlitky, kde není kladen důraz na pevnost a houževnatost. Očkování hořčíkem vzniká tvárná litina, která je pevnější, houževnatější a tvárnější. Používá se na výrobu strojů, ozubených kol, váčkových a klikových hřídelí, v automobilovém průmyslu.
- *Bílá litina* bývá příliš tvrdá a těžko obrobitelná. Proto se odlitky z ní dlouhodobě žihají (až 6 hodin) při 900 °C, čímž povrch změkne a dá se snáze obrábět. Pak je litina označována jako temperovaná.

Slévání je organizačně a týmově náročný výrobní cyklus, kde je nutné časové sladění jednotlivých operací. Před samotnou výrobou jsou připraveny formovací rámy, modely nebo modelové desky, formovací směs, formovací zařízení. Celá výroba musí být zabezpečena dalším potřebným zařízením a vybavením včetně tavících pecí, vsázkových materiálů, pánví, dopravníků a mostových jeřábů. Dále je potřebná kontrolní laboratoř, včetně rychlých analyzačních metod odlitků. Současné slévárny se neobejdou bez certifikačních osvědčení. Tak aby splňovaly výrobu odlitků, musí svou kvalitou odpovídat mezinárodním normám ISO 9000, 9001. Tyto slévárny jsou vyhledávány a mají záruku výroby kvalitních odlitků.

1.2 Obrobitelnost odlitků

Technologie obrábění odlitku umožňuje v mnoha technologických procesech vytvořit z polotovaru výrobek požadovaného tvaru, požadované rozměrové přesnosti a jakosti obrobených ploch. Je to technologický proces, při kterém vytváříme povrchy obrobku určitého tvaru, rozměrů, jakosti, a to odebráním částic materiálu pomocí účinků mechanických, elektrických, chemických, případně jejich kombinacemi. Obrábění je realizováno v soustavě obrábění (SNOP). Tato soustava se skládá z následujících čtyř částí

- obráběcí stroj (S),
- řezný nástroj (N),
- obrobek (O),
- přípravek (P).

Metody obrábění můžeme rozdělit podle různých hledisek. Podle charakteru práce máme ruční a strojní metody obrábění ^[1].

- *Ruční metody obrábění* jsou pilování, řezání, zaškrabávání. Při pilování se používá pilníků různé délky, tvarů a hrubostí. Zaškrabáváním dosahujeme škrábákem co nejvyšší drsnosti povrchu obráběné plochy (nikoliv drsnosti, ale geometrické kvality).
- *Strojní (třískové) obrábění* je základem pro vznik třísky. V případě tohoto strojního obrábění je zapotřebí energie, která je přiváděna obvykle ve formě elektrické energie k obráběcímu stroji, kde se transformuje v energii mechanickou, využívanou pro realizaci obráběcího procesu. Mezi hlavní druhy třískového obrábění patří:
 - soustružení - obrábění vnitřních nebo vnějších rotačních ploch, obrobek rotuje a nůž se posouvá po jeho povrchu,
 - frézování - je strojní třískové obrábění kovů vícebřitým nástrojem, nástroj (fréza) rotuje a upnutý obrobek se posouvá k nástroji,
 - vrtání - nástrojem je vrták, který rotuje a posouvá se k obrobku,
 - hoblování - obrábění ploch, kdy obrobek je upnut a vykonává hlavní řezný pohyb, nůž vykonává posuv a přísuv, v současnosti se používá jen ojediněle,
 - broušení - materiál se odebírá nástrojem s množstvím nahodile orientovaných břitů,
 - superfinišování - pro dosažení co nejlepší drsnosti povrchu u rotačních součástí se používá pomocí vibrujícího nástroje,
 - lapování - používají se brusné lapovací pasty pro dosažení kvalitní drsnosti povrchu,
 - honování - dokončování vnitřních nebo vnějších povrchů válcových součástí.

Mezi nejdůležitější vlastnosti, které ovlivňují obrobitelnost řadíme:

- tvrdost a pevnost,
- tvárnost,
- způsob výroby a tepelné zpracování,
- zpevnění za studena,
- vměstky,
- legující prvky,
- struktura materiálu,
- řezné podmínky.

Obrobek je z geometrického hlediska charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou (známa též jako plocha řezu). Obráběná plocha je částí povrchu obrobku odstraňovaná obráběním. Vzniká působením řezného nástroje. Přechodová plocha je okamžitá plocha obrobku vytvářená při obrábění působením ostří řezného nástroje během otáčky nebo zdvihu. Obráběcí nástroj je aktivním prvkem v soustavě obrábění. Právě nástroj v interakci s obrobkem umožňuje realizaci řezného procesu. Uskutečňuje řezání tím, že svou pracovní částí tj. břitem vniká do materiálu obrobku a odděluje z něho postupně částice ve tvaru třísky. Řezná část je funkční část nástroje, která obsahuje prvky tvořící třísku. Patří sem zejména ostří, čelo a hřbet. V případě vícebřitého (vícezubého) nástroje má každý břit (zub) svou řeznou část. Břit je prvek řezné části nástroje ohraničený čelem a hřbetem. Je to klínovitá část nástroje vnikající do obrobku ^[1].

Požadavky materiálu kladené na řezné nástroje jsou pevnost, tvrdost, houževnatost, odolnost proti otěru, tepelná odolnost. Chemické složení, tepelné zpracování, způsob výroby, zpracování určuje řezivost nástrojových materiálů. Mezi ně řadíme nástrojové oceli, slinuté karbidy, keramické řezné materiály, supertvrdé řezné materiály, brousící materiály (brusivo).

1.3 Zásady technologického postupu

Technologické postupy se vypracovávají velmi různorodě. Výrobní postupy na stejnou součást v různých dílnách téhož závodu nejsou totožné. Technolog si může práci usnadnit organizačními pomůckami, znalostmi, dřívějšími zkušenostmi a zvyklostí v provozu. V každém daném závodě jsou dané definované pravidla a pokyny. Podle těchto sestavených pravidel se řídí. Při tvorbě technologického postupu se zpracovává velké množství informací. Přesný návod pro jeho tvorbu neexistuje. Postupovat můžeme podle všeobecné metodiky:

- studium výrobních výkresů (zohlednit tvary, rozměry, tolerance, jakost povrchu, údaje v popisném poli, poznámky o tepelném zpracování, povrchové úpravě aj.),
- kontrola údajů o materiálu zadaných konstruktérem z hlediska navržené technologie (určení přídavků, velikosti polotovaru, neopomenout přípravu materiálu ve skladu a v případě nutností předepsat materiálové zkoušky),
- určení výchozí základny, což je plocha, od které bude součást obráběna, nebo ke které jsou ostatní plochy a osy vztaženy,
- stanovení operací a optimálního sledu těchto operací,
- popis rozsahu operací (měl by být stručný, srozumitelný, jednoznačný a úplný, pokud je to požadováno, tak rozpis až na úseky, úkony a pohyby),
- stanovení pracoviště a stroje (podle číselníku se stanoví, na které dílně a stroji bude operace prováděna),
- kooperace (pokud se jedná o součást celku, kterou nejsme schopni vyrobit, tak je nutno zajistit její výrobu v jiném podniku),

- určení výrobních pomůcek (běžné i speciální),
- rozbor a zhodnocení jednotlivých variant výrobních postupů,
- konečný návrh výrobního postupu,
- hodnocení hospodárnosti zvoleného postupu ^[1].

2 Zhodnocení vývoje a současného stavu v provozu slévárny

2.1 Představení slévárny Unex a.s.

Akciová společnost UNEX Uničov je strojírensko – metalurgický komplex, jehož výstavbu prováděla od roku 1949 ŠKODA Plzeň. V roce 1950 byla zahájena výroba ocelových konstrukcí a svařenců pro lopatová rypadla. Roku 1963 byla dokončena výstavba vlastní slévárny na výrobu ocelolitiny a také modelárny. Ve výrobním programu podniku byla mechanická, lanová, elektrická, lopatová rypadla, ale i těžké, mostové, licí a kalící jeřáby. Pro přístavy ve Švédsku, Polsku, Indii a bývalém SSSR byly dodávány i velké portálové jeřáby. V současné době má UNEX Uničov a.s. dva slévárenské provozy.

V areálu UNEX a.s. je umístěna první slévárna, kde se vyrábí uhlíkové, nízko, středně a vysokolegované ocelové odlitky v hrubé hmotnosti od 5 kg do cca 18 tun a odlitky z tvárné litiny v hrubé hmotnosti od 6,5 kg do 3,5 tuny. Jejich uplatnění je v železničním průmyslu, těžkém strojírenství, pro stavební a důlní stroje i pro manipulační techniku a další průmyslová odvětví. Výrobní kapacita je cca 20 000 t za rok.

Druhá slévárna, která má výrobní závod v Olomouci, vyrábí odlitky z tvárné, šedé, temperované a bílé litiny, které jsou dodávány do železničního a automobilového průmyslu, pro stavební, zemní a zemědělské stroje, výrobcům hydrauliky, armatur a klimatizačních systémů i do dalších průmyslových odvětví. Hmotnostní kategorie se pohybuje od 0,05 kg až po 6,5 kg v sériích větších než 1 000 ks ve výrobní dávce. Výrobní kapacita je cca 16 000 t za rok.



Obr. 1: Slévárna UNEX Uničov a.s.

2.2 Zadaná součást – POJEZDOVÉ KOLO

Zadanou součástí ke zpracování se stalo pojezdové kolo. Součást je surový odlitek bez předlité pojezdové drážky se slévárenskými přídavky, které obsahují vměstky, vady, hrubozrnné či pevnostně a tvrdostně odlišné materiálové hodnoty než hrubý odlitek.

Jedná se o polotovary hmotnosti cca 415 kg. Při jejím obrábění se uplatňuje operace hrubování a vrtání. Na součásti se vyskytují důležité prvky, jsou to funkční či připojovací plochy. Na ně jsou kladeny přesnosti předepsaných rozměrů včetně rozměrových a geometrických tolerancí a požadované drsnosti ploch. Tyto obráběné plochy mají drsnost $Ra = 1,25 \mu m$.

Je to polotovar jakosti materiálu GS-42 CrMo4V o tvrdosti 0,6 – 0,9. Je to ocel k zušlechťování podle normy ČSN 15 142. Tato ocel se vyznačuje zvláštními vlastnostmi pro zušlechťování a povrchové kalení.

Používá se na velmi namáhané strojní součásti a součásti silničních motorových vozidel, kde je hlavním požadavkem vysoká pevnost i vyšší houževnatost, zejména hřídele a spojovací součásti. Dokončení výrobku se provádí strojním obráběním (soustružením).



Obr. 2: Polotovar součásti – odlitek

2.3 Technologie odlévání polotovaru

Krokem, který vede k výrobě součástí a dalším technologickým operacím, je volba polotovaru – odlitku. Stávající způsob se provádí odléváním do pískových forem se zalitou drážkou.

2.4 Obráběcí stroje

Současná výrobní technologie pojezdového kola je realizována na obráběcím stroji, kterým je karusel SK 12 a horizontka WH 160.

Karusel SK 12 je to typ svislého soustruhu určeného pro obrábění obrobků velkého průměru. Používá se též při obrábění těžších součástí, jejichž průměr je větší než délka. Jeho výhodou je soustružení válcových, kuželových a čelních ploch. Velikost svislého soustruhu je charakterizována největším oběžným průměrem. Svislý soustruh SK 12 má největší průměr soustružení bočním suportem 1250 mm a levým příčnickovým suportem 1350 mm. Jeho největší výšková vzdálenost od upínací desky k nožovému držáku levého příčnickového suportu je 1000 mm, k nožovému držáku bočního suportu 850 mm. Vzdálenost svislého pohybu smýkadla příčnickového suportu levého je 710 mm, pravého 550 mm. Jeho průměr upínací desky je 1180 mm. Největší hmotnost obrobku může být 4000 kg a jeho největší krouticí moment na upínací desce do 18 otáček za minutu.

Technické parametry stroje:

- *Max. výška obrobku: 710 mm*
- *Max. průměr obrobku: 1250 mm*
- *Průměr upínací desky: 1180 mm*
- *Max. průměr obvodového soustružení: 1350 mm*
- *Výkon hlavního elektromotoru: 45 kW*
- *Rozměry d x š x v: 2360 x 3860 x 4260 mm*
- *Hmotnost stroje: 18 300 kg*



Obr. 4: Karusel SK 12

Horizontka WH 160 je vodorovná vyvrtávačka. Obráběcí stroj, který slouží převážně k obrábění vnitřních rotačních ploch. Umožňuje přesné nastavení souřadnic obráběných ploch při dosažení poměrně značné jakosti obrobených povrchů. Vřeteník, který je předvrtaný osově představitelným vřetenem, unáší vyvrtávací tyč s vyvrtávacím nožem.

Technické parametry stroje:

- *Průměr pracovního vřetená: 160 mm*
- *Pojezd x: 6000 mm*
- *Kužel vřetená: ISO 50 –*
- *Otáčky vřetená: 2500/min*
- *Výkon hlavního elektromotoru: 60 kW*
- *Výsun: 1000 mm*
- *Výsuv: 1000 mm*
- *Pojezd vřeteníka po stojanu: 49500 kg*
- *Příkon: 110 kW*

Řezné nástroje pro obrábění pojezdového kola jsou zvoleny podle stavu obráběcího stroje a jeho použití. Na horizontce WH 160 je pro předvrtávání díry určen kopinatý vrták se vsazenými noži. Na karusel SK 12 je umístěn nůž z rychlořezné oceli.

2.5 Stávající technologický postup pro obrábění odlitku

Je nutné vykonat sled výrobních operací na jednotlivých strojích včetně jednotlivých časů ve správném pořadí prací, aby se z polotovaru stal výrobek předepsaný výrobním výkresem.

1) Převzít dokumentaci materiálu, výkres – 1x

Polotovar: SW_1035

Přídavky na obrábění (ČSN 01 4980): 8 mm

Materiál: 15 145

Tas = 0.0000

Ta1 = 0.000

Tbs = 4.000

2) Převzít dokumentaci, prostudovat rozměry – 1x

Tas = 0.0000

Ta1 = 0.000

Tbs = 5.000

3) Předvrtání (WH 160) – 1x

Apretace (odstranění)

Předvrtání díry

Tas = 86.0670

Ta1 = 5.4100

Tbs = 33.000

4) Upnout na SK 12

Vystředit do čelisti kg = 415.000 – 2x

Tas = 0.0000

Ta1 = 29.844

Tbs = 32.000

5) Hrubovat čelo

$d = 121.000$, $L = 75.000$, $i = 2.000$, skut. [mm/ot] = 0.64, skut.[ot/min] = 32.248 – 2x

Tas = 16.145

Ta1 = 6.988

Tbs = 0.000

6) Hrubovat otvor SK

$d = 121.000$, $L = 430.000$, $i = 2.000$, skut.[mm/ot] = 0.476, skut.[ot/min] = 22.395 – 2x

Tas = 17.5500

Ta1 = 10.950

Tbs = 0.000

7) Hrubovat povrch SK

$D = 866.000$, $L = 75.000$, $i = 2.000$, skut.[mm/ot] = 0.64, skut.[ot/min] = 10.924 – 1x

Tas = 42.9100

Ta1 = 4.707

Tbs = 0.000

8) Hrubovat čelo

$d = 480.000$, $L = 130.000$, $i = 2.000$, skut.[mm/ot] = 0.665, skut.[ot/min]=18.267 – 2x

Tas = 46.0980

Ta1 = 9.272

Tbs = 0.000

9) Hrubovat čelo

$d = 756.000$, $L = 55.000$, $i = 1.000$, skut.[mm/ot] = 0.640, skut.[ot/min]=16.061– 1x

Tas = 10.3230

Ta1 = 3.296

Tbs = 0.000

10) Hrubovat výběr zapíchnutím SK

$D = 822.000$, $\dot{s} = 10.000$, $i = 7.000$, $\text{skut.}[\text{mm/ot}] = 0.280$, $\text{skut.}[\text{ot/min}] = 7.000 - 1x$

$T_{as} = 96.4280$

$T_{a1} = 12.581$

$T_{bs} = 0.000$

11) Hrubovat povrch SK

$D = 822.000$, $L = 49.000$, $i = 1.000$, $\text{skut.}[\text{mm/ot}] = 0.855$, $\text{skut.}[\text{ot/min}] = 12.172 - 1x$

$T_{as} = 14.2060$

$T_{a1} = 2.450$

$T_{bs} = 0.000$

12) Hrubovat čelo

$D = 822.000$, $L = 22.000$, $i = 1.000$, $\text{skut.}[\text{mm/ot}] = 0.855$, $\text{skut.}[\text{ot/min}] = 18.738 - 2x$

$T_{as} = 12.9940$

$T_{a1} = 6.258$

$T_{bs} = 0.000$

13) Hrubovat povrch SK

$D = 756.000$, $L = 25.000$, $i = 2.000$, $\text{skut.}[\text{mm/ot}] = 0.720$, $\text{skut.}[\text{ot/min}] = 17.804 - 1x$

$T_{as} = 5.4600$

$T_{a1} = 2.793$

$T_{bs} = 0.000$

14) Apretace – 1x

$T_{as} = 60.000$

$T_{a1} = 0.0000$

$T_{bs} = 0.0000$

15) Příprava a ukončení práce

Směrové práce [min]=12.000 – 1x

Tas = 0.0000

Ta1 = 12.000

Tbs = 0.0000

16) Fyziologické potřeby

[min]= 6.000 – 1x

Tas = 0.0000

Ta1 = 6.0000

Tbs = 0.0000

Celkový čas jednotkový Ta: Ta=494 min

Celkový čas dávkový Tb: Tb=74 min

Celkový čas Ts: Ts= 568 min

Celkový čas výroby pojezdového kola podle stávajícího technologického postupu je 568 min.

3 Návrh alternativní technologie výroby ve stávajícím výrobním prostředí

3.1 Technologie odlévání polotovaru

Stávající technologie odlévání byla provedena odléváním do pískových forem se zalitou drážkou. Alternativní odlévání provedeme do pískových forem s předlitou drážkou.

3.2 Volba řezného nástroje

Vzhledem k vysoké hmotnosti obráběné součásti a jejím rozměrům ponecháme stávající obráběcí stroje – SK 12, WH 160.

Při snížení nákladů a produktivity obrábění je velmi důležitá volba řezného nástroje. Jejich volba závisí na možnostech obráběcího stroje a jeho konstrukci. Nástroje volíme i podle soustružnických operací, ale i podle vlastnosti obráběného materiálu.

Výběr nového řezného materiálu je proveden z katalogu od firmy Pramet Tools s.r.o. Při jeho výběru postupujeme tak, že si v prvním kroku vybereme prováděnou operaci.

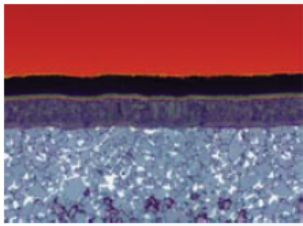
Dále je nezbytná identifikace obráběného materiálu. Obráběné materiály se rozdělují do šesti základních skupin, kterými jsou P, M, K, N, S, H.

Tab. 1: Zařazení materiálu obrobku do skupiny ^[2].

P	uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12 legované oceli tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované oceli (193... až 198...) uhlíková ocelolitina skupiny 26 (4226...) nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27 (4227...) feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (třídy 17..., litě 4229...)	uhlíkové (nelegované) ocele třídy 10, 11, 12 legované ocele tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové ocele uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované ocele (193... až 198...) uhlíková oceloliatina skupiny 26 (4226...) nízko a středně legované oceloliatiny skupiny 27 (4227...) feritické a martenzitické korozivzdorné ocele (třídy 17..., litě 4229...)
M	austenitické a feriticko austenitické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné oceli nemagnetické a oteruvzdorné	austenitické a feriticko austenitické ocele korozivzdorné, žiaruvzdorné a žiarupevné oceli nemagnetické a oteruvzdorné
K	šedá litina nelegovaná i legovaná (4224...) tvárná litina (4223...) temperovaná litina (4225...)	sivá liatina nelegovaná aj legovaná (4224...) tvárná liatina (4223...) temperovaná liatina (4225...)
N	neželezné kovy, slitiny Al a Cu	neželezné kovy, zliatiny Al a Cu
S	speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti	špeciálne žiarupevné zliatiny na báze Ni, Co, Fe a Ti
H	zušlechťené oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 ÷ 60 tvrdné kokilové litiny HSh 55 ÷ 85	zušľachtené ocele s pevnosťou nad 1500 MPa kalené ocele HRC 48 - 60 tvrdené kokilové liatiny HSh 55 - 85

Po zařazení materiálu obrobku do skupiny se provádí volba materiálu.

Tab. 2 Popis vybraného materiálu [2].

9230	10	20	30	40	P	M	K	N	S	H	popis materiálu
											<ul style="list-style-type: none"> - nejuniverzálnější materiál nové generace - řady 9000 - funkčně gradientní substrát - moderní středně silný speciální MTCVD povlak - speciální úprava po povlaku - dokončovací až hrubovací soustružení - obrábění materiálů skupin P, M dále K a podmíněně aplikovatelný i pro skupinu S - střední a vyšší řezné rychlosti - kontinuální i přerušovaný řez
											<ul style="list-style-type: none"> - najuniverzálnější materiál nové generace - řady 9000 - funkčně gradientní substrát - moderní středně silný speciální MTCVD povlak - speciální úprava po povlaku - dokončovací až hrubovací soustružení - obrábění materiálů skupin P, M dále K a podmíněně aplikovatelný i pro skupinu S - střední a vyšší řezné rychlosti - kontinuální i přerušovaný řez

Prováděná operace má charakter obrábění, jsou to pracovní podmínky soustružení, je charakterizována jako:

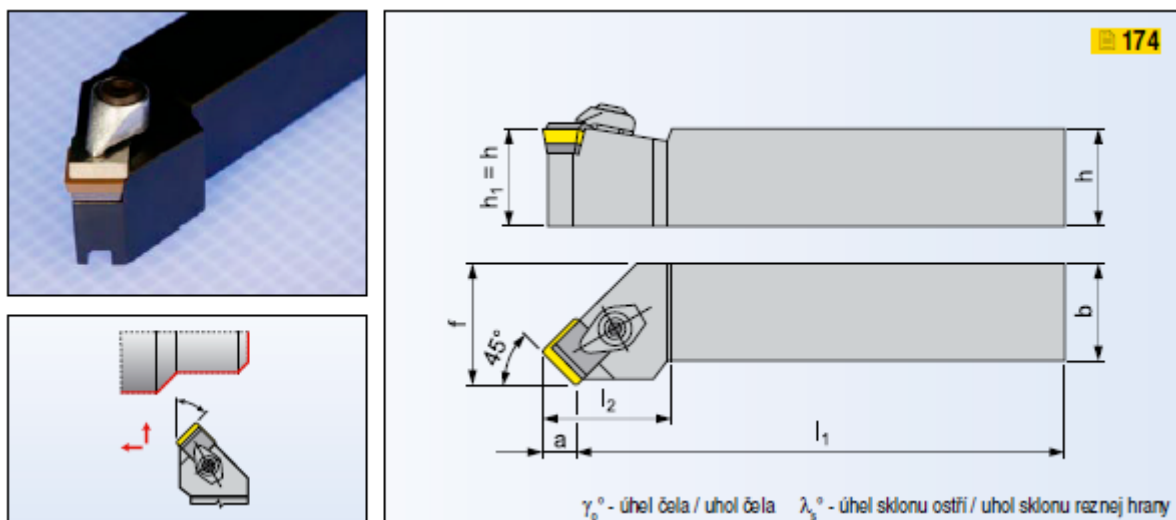
Hrubovací soustružení

Posuv f za otáčku $f = 0,4 \div 0,8$ mm/ot

Hloubka řezu $a_p = 5,0$ mm

Posledním krokem je volba nástroje a řezných podmínek, jeho konkrétní volba parametrů. To je volba průřezu, volba základního tvaru a velikosti břitové destičky, volba optimální tloušťky břitové destičky, volba poloměru a zaoblení špičky břitové destičky, volba utvařeče.

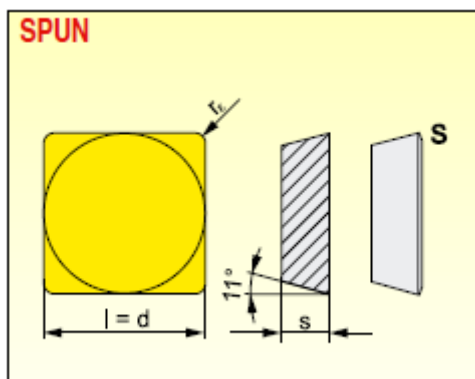
Pro hrubovací soustružení je zvolen nůž CSSPR/L. Nůž soustruží zkosenou, čelní i podélnou hranu. Dle nože je určena VBD - SPUN 190412. Destička se používá na hrubovací soustružení.



Obr. 6: Nůž CSSPR/L 4040 R 19

Tab. 3: Rozměry nože CSSPR/L 4040 R 19.

$h=h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	a [mm]	λ_s° [°]	γ° [°]	VBD
40	40	50	200	45	12,5	0	+5	SP..1904..

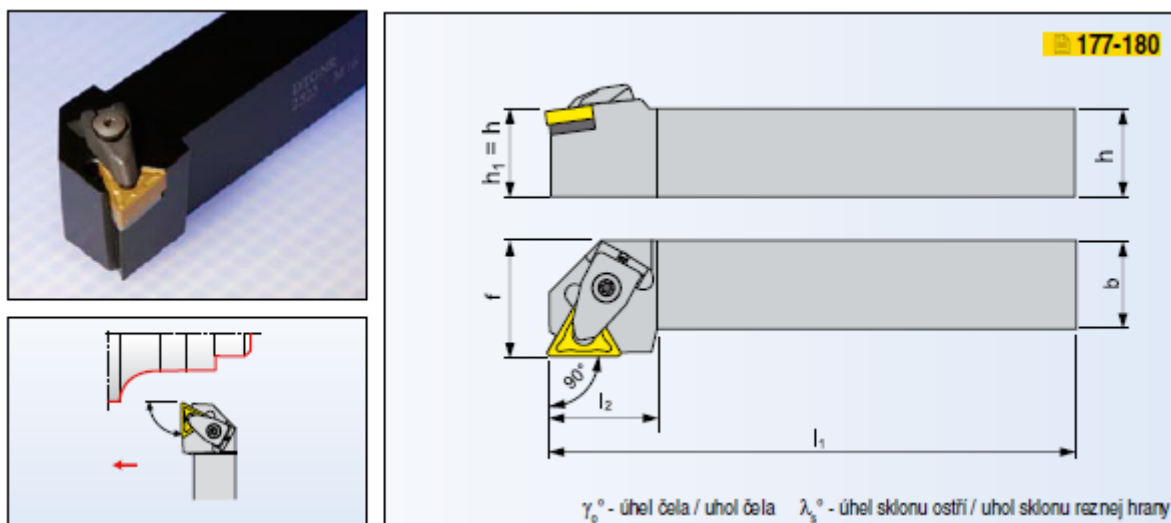


Obr. 7: VBD SPUN 190412 ^[2].

Tab. 4: Rozměry a řezné podmínky VBD SPUN 190412 ^[2].

l [mm]	d [mm]	S [mm]	r_s [mm]	f [mm]	a_p [mm]
19,050	19,050	4,76	1,2	0,10÷0,40	1,2÷8,9

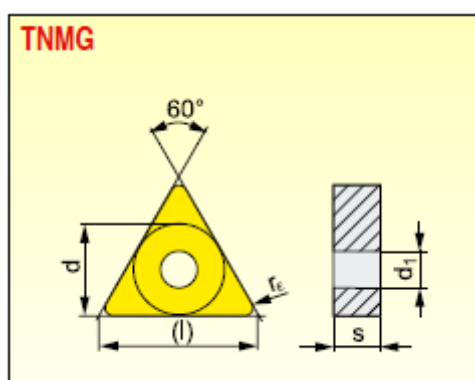
Pro soustružení vnější kontury je určen nůž DTG NR/L 2525 M 22. Je zvolena VBD - TNMG 220408E-M.



Obr. 8: Nůž DTG NR/L 2525 M 22 ^[2].

Tab. 5: Rozměry nože DTG NR/L 2525 M 22 ^[2].

$h=h_1$ [mm]	B [mm]	F [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	γ_s [°]	VBD
25	25	32	15	30	-6	-6	TNM.2204..-E

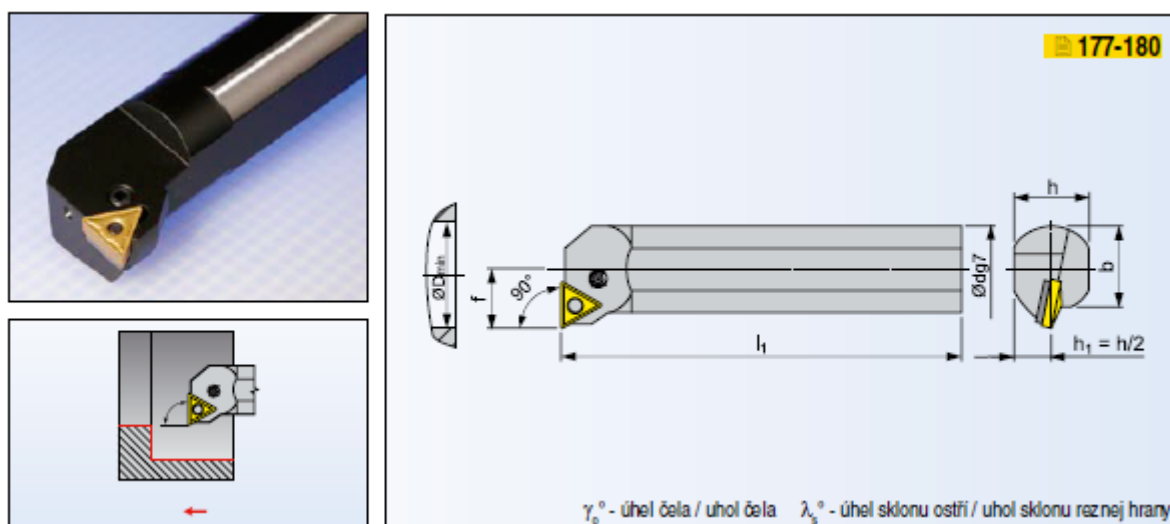


Obr. 9: VBD TNMG 220408E-M ^[2].

Tab. 6: Rozměry a řezné podmínky VBD TNMG 220408E-M ^[2].

(l) [mm]	d [mm]	d ₁ [mm]	s [mm]	r _s [mm]	f [mm]	a _p [mm]
22	12,7	5,16	4,76	0,8	0,10÷0,48	0,3÷0,6

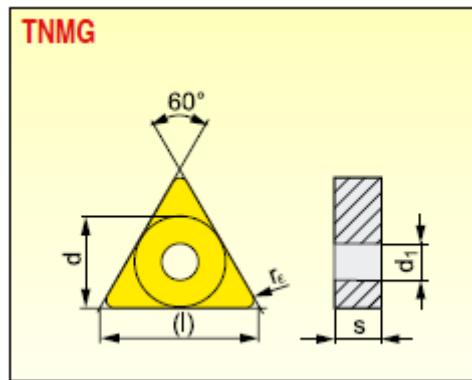
Pro vnitřní hrubování je zvolen nůž A32S-PTFNR/L 16 s VBD - TNMG 160412E-R. Používá se do díry vytvořené vrtákem.



Obr. 10: Nůž A32S-PTFNR/L 16 ^[2].

Tab. 7: Rozměry nože Nůž A32S-PTFNR/L 16 ^[2].

dg 7 [mm]	f [mm]	l ₁ [mm]	h [mm]	b [mm]	D _{min} [mm]	λ _s [°]	γ° [°]	VBD
32	22	250	30	30	40	-12	-6	TNM.1604..



Obr. 11: VBD TNMG 160412E-R ^[2].

Tab. 8: Rozměry a řezné podmínky VBD TNMG 160412E-R ^[2].

(l) [mm]	d [mm]	d ₁ [mm]	s [mm]	r _s [mm]	f [mm]	a _p [mm]
16,5	9,525	3,81	4,76	1,2	0,10÷0,70	0,3÷0,5

3.3 Vztahy potřebné pro výpočet

Velikost posuvové rychlosti je dána vztahem,

$$v_f = f \cdot n$$

kde: v_f - posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$],

f - posuv na otáčku [mm],

n - otáčky [min^{-1}].

Počet otáček je počítán vzorcem,

$$n = 1000 \cdot v_c / \pi \cdot D$$

kde: v_c - řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],

D – průměr obráběného materiálu [mm].

Stanovení výrobních časů je vypočítáno vzorcem,

$$t_{AS} = L \cdot i \cdot v_f^{-1}$$

kde: i - počet třísek [-],

L - dráha nástroje [mm],

v_f - posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$].

Dráha nástroje,

$$L = l_n + l + l_p$$

kde: l_n - délka náběhu [mm]

l - délka obráběné plochy [mm]

l_p - délka přeběhu [mm]

3.4 Návrh alternativního technologického postupu při obrábění

Vzhledem ke změně nástroje a řezných podmínek byl navržen alternativní technologický postup výroby pojezdového kola. Je vytvořený na základě sledu operací, čímž by mělo dojít ke snížení výrobních časů.

1. Převzít dokumentaci materiálu, výkres – 1x

Polotovar: SW_1035

Přídavky na obrábění (ČSN 01 4980): 8 mm

Materiál: 15 145

$T_{as} = 0.0000$

$T_{a1} = 0.000$

$T_{bs} = 4.000$

2. Převzít dokumentaci, prostudovat rozměry – 1x

$$T_{as} = 0.0000$$

$$T_{a1} = 0.000$$

$$T_{bs} = 5.000$$

3. Předvrtání (WH 160) – 1x

Apretace (odstranění)

Předvrtání díry

$$T_{as} = 86.0670$$

$$T_{a1} = 5.4100$$

$$T_{bs} = 33.000$$

4. Upnout na SK 12

Vystředit do čelisti kg = 415.000 – 1x

$$T_{as} = 0.0000$$

$$T_{a1} = 14.922$$

$$T_{bs} = 16.000$$

5. Hrubovat čelo

$d = 121.000$, $L = 47.000$, $i = 2.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 11$ [mm·min⁻¹], $v_c = 9,503$ [m·min⁻¹] – 2x

$$T_{as} = 13,636$$

$$T_{a1} = 6.988$$

$$T_{bs} = 0.000$$

6. Hrubovat otvor SK

$d = 121.000$, $L = 430.000$, $i = 2.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 11$ [mm·min⁻¹], $v_c = 9,503$ [m·min⁻¹] – 2x

$$T_{as} = 78,182$$

$$T_{a1} = 10.950$$

$$T_{bs} = 0.000$$

7. Hrubovat povrch SK

$D = 866.000$, $L = 75.000$, $i = 2.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 5,28$ [mm·min⁻¹], $v_c = 32,647$ [m·min⁻¹] – 1x

$T_{as} = 1$

$T_{a1} = 4.707$

$T_{bs} = 0.000$

8. Hrubovat čelo

$d = 480.000$, $L = 130.000$, $i = 2.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 8,8$ [mm·min⁻¹], $v_c = 30,159$ [m·min⁻¹] – 2x

$T_{as} = 29.545$

$T_{a1} = 9.272$

$T_{bs} = 0.000$

9. Hrubovat čelo

$d = 756.000$, $L = 55.000$, $i = 1.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 6,6$ [mm·min⁻¹], $v_c = 35,626$ [m·min⁻¹] – 1x

$T_{as} = 8.333$

$T_{a1} = 3.296$

$T_{bs} = 0.000$

10. Hrubovat výběr zapíchnutím SK

$D = 822.000$, $\check{s} = 22.000$, $i = 7.000$, $f = 0,44$ [mm], $v_f = 5,28$ [mm·min⁻¹], $v_c = 30,989$ [m·min⁻¹] – 1x

$T_{as} = 78.175$

$T_{a1} = 11.581$

$T_{bs} = 0.000$

11. Otočit odlitek, upnout, vystředit do čelisti

$$kg = 415.000 - 1x$$

$$T_{as} = 0.0000$$

$$T_{a1} = 21.922$$

$$T_{bs} = 16.000$$

12. Hrubovat povrch SK

$$D = 822.000, L = 49.000, i = 1.000, f = 0,44 \text{ [mm]}, v_f = 5,28 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}], v_c = 30,989 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] - 1x$$

$$T_{as} = 9.280$$

$$T_{a1} = 2.450$$

$$T_{bs} = 0.000$$

13. Hrubovat čelo

$$D = 822.000, L = 22.000, i = 1.000, f = 0,44 \text{ [mm]}, v_f = 5,28 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}], v_c = 30,989 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] - 2x$$

$$T_{as} = 8.333$$

$$T_{a1} = 6.258$$

$$T_{bs} = 0.000$$

14. Hrubovat povrch SK

$$D = 756.000, L = 25.000, i = 2.000, f = 0,44 \text{ [mm]}, v_f = 6,6 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}], v_c = 35,626 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] - 1x$$

$$T_{as} = 3.788$$

$$T_{a1} = 2.793$$

$$T_{bs} = 0.000$$

15. Apretace – 1x

$$T_{as} = 60.000$$

$$T_{a1} = 0.0000$$

$$T_{bs} = 0.0000$$

16. Příprava a ukončení práce

Směrové práce [min]=12.000 – 1x

Tas = 0.0000

Ta1 = 12.000

Tbs = 0.0000

17. Fyziologické potřeby

[min]= 6.000 – 1x

Tas = 0.0000

Ta1 = 6.0000

Tbs = 0.0000

Celkový čas jednotkový Ta: Ta=411 min

Celkový čas dávkový Tb: Tb=74 min

Celkový čas Ts: Ts= 485 min

Celkový čas pojezdového kola podle alternativního technologického postupu je 485 min.



Obr. 12: Odlitek při soustružení na KS 12.

Odlitek pojezdového kola je dodáván zákazníkům jen jako předhrubovaná součást s tepelným zpracováním, nejedná se o finální výsledek.

4 Technicko – ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

V technicko – ekonomickém zhodnocení je posouzena metoda odlévání a zhodnoceny výrobní časy součástí.

V provozu slévárny UNEX a.s. se pojezdové kolo vyrábí ve vyšších sériích, cca stovky kol ročně. Počty kusů v jednotlivých měsících jsou vázány na objednávku zákazníka.

4.1 Metoda odlévání

Stávající technologie odlévání byla provedena odléváním do pískových forem se zalitou drážkou. Alternativní odlévání je provedeno do pískových forem s předlitou drážkou, čímž ušetříme materiál při výrobě odlitku.

Výpočet ušetřeného materiálu,

$$D_1 = 0,866 \text{ m}; L_1 = 0,045 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,822 \text{ m}; V_2 = 0,045 \text{ m}$$

$$\rho_{(\text{Fe})} = 7\,860 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$V_1 = L_1 \cdot (\pi \cdot D_1^2) / 4$$

$$V_1 = 0,045 \cdot (\pi \cdot 0,866^2) / 4 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0,026492195 \text{ m}^3$$

$$V_2 = L_2 \cdot (\pi \cdot D_2^2) / 4$$

$$V_2 = 0,045 \cdot (\pi \cdot 0,822^2) / 4 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,023868537 \text{ m}^3$$

$$V = V_1 - V_2$$

$$V = 0,026492195 - 0,023868537 \text{ m}^3$$

$$V = 0,002623658 \text{ m}^3$$

$$m = V \cdot \rho_{(\text{Fe})}$$

$$m = 0,002623658 \cdot 7860 \text{ kg}$$

$$\underline{m = 20,6 \text{ kg}}$$

kde: L - délka polotovaru [m]

D - průměr polotovaru [m]

V- objem polotovaru [m³]

ρ – hustota [kg·m⁻³].

Ušetřený materiál jednoho odlitku s předlitou drážkou je 20,6 kg. Průměrná prodejní cena jednoho kilogramu železa je 5 Kč. Z uvedených hodnot plyne, že celková finanční ztráta materiálu při výrobě odlitku se zalitou drážkou je 103 Kč na jeden kus pojezdového kola. Ročně se vyrobí cca 100 kol ročně, to je 41500 kg. Z toho vyplývá, že vzniklá ztráta při stávající technologii odlévání je 10 300 Kč ročně. V tabulce tab. 9 jsou uvedeny všechny důležité hodnoty.

Tab. 9: Shrnutí údajů k metodě odlévání se zalitou drážkou.

<i>Shrnutí údajů k metodě odlévání</i>	
<i>Cena 1 kg železa</i>	<i>5 Kč</i>
<i>Ztráta 1 kola</i>	<i>20,6 kg</i>
<i>Ztráta 1 kola vyjádřená penězi</i>	<i>103 Kč</i>
<i>Počet kol ročně</i>	<i>100 kusů</i>
<i>Ztráta 100 kusů kol ročně</i>	<i>10 300 kusů</i>

4.2 Metoda obrábění

Pro návrh technologie obrábění byly změněny řezné podmínky a nástroj, tím bylo dosaženo výsledků v následujících bodech:

- snížení celkového času výroby jednoho pojezdového kola o 84 min
- úspora přízубně stroje
- dosažení vyšší jakosti součástí
- úspora nákladů na provoz stroje
- úspora údržby stroje
- pokles nákladů na jeden výrobní kus

Cena vyrobeného výrobku se vypočítává z celkového času. Při srovnání obou technologických postupů je zřejmé, že nástroje od firmy Pramet Tools s.r.o. ušetřily celkový čas obrábění. Tyto řezné nástroje pracují při vyšších řezných podmínkách, tím ušetří čas a jejich produktivita je vyšší.

Tab. 10: Porovnání obráběcích časů.

<i>Popis úkonu</i>	<i>Stávající strojní čas [min]</i>	<i>Alternativní strojní čas [min]</i>	<i>Rozdíl strojních časů [min]</i>
<i>Hrubovat čelo</i>	<i>16,1450</i>	<i>13,636</i>	<i>2,5090</i>
<i>Hrubovat otvor</i>	<i>82,5500</i>	<i>78,182</i>	<i>4,3680</i>
<i>Hrubovat povrch</i>	<i>42,9100</i>	<i>14,2050</i>	<i>28,705</i>
<i>Hrubovat čelo</i>	<i>46,0980</i>	<i>29,545</i>	<i>16,553</i>
<i>Hrubovat čelo</i>	<i>10,3230</i>	<i>8,3330</i>	<i>1,9900</i>
<i>Hrubovat výběr</i>	<i>96,4280</i>	<i>78,170</i>	<i>18,253</i>
<i>Hrubovat povrch</i>	<i>14,2060</i>	<i>9,2800</i>	<i>4,9260</i>
<i>Hrubovat čelo</i>	<i>12,9940</i>	<i>8,3330</i>	<i>4,6610</i>
<i>Hrubovat povrch</i>	<i>5,4600</i>	<i>3,7880</i>	<i>1,6720</i>
<i>Celkem</i>	<i>327</i>	<i>244</i>	<i>84</i>

Z tabulky vyplývá, že celkový rozdíl sledů operací je 84 min, což představuje 25,4 % ušetřeného strojního času. Jak již bylo zmíněno výroba pojezdových kol je ročně cca 100 kusů. Tím je ušetřeno 140 hodin ročně strojního času.

Tab. 11: Shrnutí údajů k metodě obrábění.

<i>Shrnutí údajů k metodě obrábění</i>	
<i>Stávající strojní čas</i>	<i>327 minut</i>
<i>Alternativní strojní čas</i>	<i>244 minut</i>
<i>Úspora 1 kusu</i>	<i>84 minut</i>
<i>Úspora 1 kusu v procentech</i>	<i>25,4 %</i>
<i>Úspora 100 kusů ročně</i>	<i>140 hodin</i>

4.2 Vyhodnocení

Z výše uvedeného rozboru vyplývá, že je dán prostor úsporám. Výhody navržené výrobní technologie pro součást – pojezdové kolo a shrnuté výsledky jsou uvedené v předchozích propočtech. Souhrnný propočet možných úspor je uveden v Tab. 12.

Tab. 12: Propočet možných úspor.

<i>Roční úspory</i>	
<i>Úspora materiálu</i>	<i>10 300 Kč</i>
<i>Úspora strojního času</i>	<i>140 hodin</i>

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce je návrh technologie odlitku v provozu slévárny. Tato alternativní technologie výroby součásti měla zjistit efektivnost nového řezného nástroje a řezných podmínek při obrábění a nové technologie odlévání.

Pojednává se zde o problematice obrobitelnosti odlitku, která je aplikovaná v podmínkách provozu slévárny UNEX a.s.

Současná technologie výroby je prováděna nástroji z rychlořezné oceli, čímž dochází k prodloužení strojního času při obrábění odlitku. Za tímto účelem byl proveden rozbor technologie součásti z hlediska obrábění. Polotovarem se stalo pojezdové kolo. V práci je zmíněna hmotnost součásti, materiál a jeho vlastnosti. Výroba pojezdového kola je cca 100 kol ročně.

Byl zpracován rozbor alternativní technologie výroby, kde byly zjištěny výhody. Hlavní metodou obrábění bylo zvoleno soustružení. Nástroje byly zvoleny od firmy Pramet Tools s.r.o..

Technologický postup byl rozebrán na jednotlivé výrobní operace, kde byly stanoveny řezné podmínky a spotřeby času. Navržená změna jednoho kusu polotovaru by vedla ke snížení obráběcího času o 84 minut.

Pro další změnu, která by vedla ke snížení nákladů, byla popsána technologie odlévání. Alternativní technologie odlévání byla provedena do pískových forem s předlitou drážkou. Ušetřený materiál na výrobu jednoho kusu odlitku by byl 20,6 kg.

Tento podnik není dodavatelem hotové strojní součásti. Dodává jen předhrubovanou součást s tepelným zpracováním.

6 Seznam použitých pramenů

a) knihy:

BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II* 1. Díl. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. s. 126. ISBN 987-80-248-1641-8.

ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.

NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.

VASILO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. Část – Technologie obrábění*. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

b) interní firemní dokumentace:

Technologický postup

c) www stránky:

[1] <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>

[2] <http://www.pramet.com/download/katalog/pdf>

7 Seznam příloh

Příloha č. 1	Schéma výrobního výkresu odlitku
Příloha č. 2	Schéma odlitku se zalitou drážkou
Příloha č. 3	Schéma odlitku s předlitou drážkou